Lane Medical Library

Die Mechanik der Fusswurzel.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 16. März 1903

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Alfred Dönitz

aus Tokyo (Japan)

approbierter Arzt.

OPPONENTEN:

Herr Dr. med. Poll.

- Reg.-Bauführer Bärwald.
- Cand. med. Ammann.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. **Waldeyer.**

Herrn Professor Dr. H. Virchow.

Einleitung.

Im Nachfolgenden beschäftige ich mich mit den Bewegungen und den aus ihnen hervorgehenden Stellungen, welche in der Fusswurzel durch die Gelenkverbindung zwischen Sprung-, Kahn-, Fersen- und Würfelbein möglich sind, sowie mit den kleinen Hilfsbewegungen im vorderen Abschnitt der Fusswurzel.

Veranlassung dazu bot mir die in Aussicht gestellte Gelegenheit, einen seit Jahren in Wickersheimerscher Flüssigkeit aufbewahrten Fuss eines Individuums zu präparieren, dessen anderer Fuss, mit Hilfe des Gefrierskelettverfahrens (s. u.) zusammengesetzt, sich in der Sammlung des hiesigen anatomischen Instituts befindet. Um für die beim Klumpfuss fixierte Adductionsstellung das richtige Verständnis zu gewinnen, wollte ich zuerst die im normalen Fuss enthaltenen Grundlagen kennen lernen.

Zur Untersuchung wurden 6 verschiedene Methoden angewandt, und im Verlaufe der Arbeit bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass nur durch die Combination dieser Methoden ein abgeschlossenes, überzeugendes, lebenswahres Bild von den genannten Bewegungen entstehen kann. Die eine dieser Methoden ist die Gefrierskelett-Methode, welche H. Virchow, der sie erfunden hat und viel benutzt, mehrfach beschrieben hat. Diese Methode bietet zwei Vorteile, erstens dass wir Stellungen, die sonst nur als Phasen der Bewegung in unserer Erinnerung erscheinen, fixiert, concret vor uns sehen, und zweitens, dass diese Stellungen eingenommen werden bei Erhaltung der Haut, der Bänder und der übrigen Weichteile, und wenn auch nicht unter all den Bedingungen wie am Lebenden, so doch mit einer viel weiter gehen-

den Annäherung an die Bedingungen des Lebens, wie am isolierten Bänderpräparat. Wenn auch die Methode ursprünglich gedacht war als Methode zur Gewinnung von Demonstrationspräparaten, so hat sich doch in unserem wie in früheren Fällen gezeigt, dass sie in hohem Masse auch eine Forschungsmethode ist.

Für den vorliegenden Zweck ist diese Methode noch mit drei Erweiterungen versehen worden, welche später geschildert werden sollen, und welche sie in noch höherem Masse als bisher für Demonstration und Forschung geeignet machen.

Die zweite Methode besteht in der Bestimmung der Achsen durch eingesteckte Stifte. Obwohl diese Methode nicht neu ist, denn schon Henke und Langer haben sie angewandt, und obwohl sie von den genannten Autoren auf unser Object angewendet ist, glaube ich auf diesen Teil der Arbeit Wert legen zu dürfen, da ich gegenüber der Schwierigkeit einer genaueren Bestimmung der drei in Betracht kommenden (möglichen) Achsen nicht den Weg gewählt habe, mich mit einer approximativen gemeinschaftlichen Achse zu begnügen, sondern umgekehrt den Weg, durch grössere Präcision die Schwierigkeit zu überwinden.

Auch die dritte Methode, nämlich die, mit Hilfe von Eisenfeilspänen Ganglinien in die Gelenkknorpel einzuzeichnen, ist im Princip nicht neu; schon Henke erzeugte sich Ganglinien (Spurlinien) durch Stifte, die in die Gelenkflächen eingetrieben wurden und nur wenig über sie hervorragten; während man aber mit der Methode am Fersenbein-Würfelbeingelenk zu kurze Ganglinien erhält, um daraus auch nur annähernd die Lage des Drehungsmittelpunktes zu ermitteln, gelangt man mit der Eisenfeilmethode zu Ganglinien, die über die ganze Gelenkfläche hinziehen. Indem nämlich jedes einzelne Eisenkorn einen kleinen Kreisbogen einritzt, findet sich bei der grossen Menge der eingebrachten Späne am Ende eines jeden Bogens der Anfang eines neuen, so dass die einzelnen kleinen Bögen sich zu grossen verlängern, die sich über die ganze Fläche erstrecken. Die Vorteile der Methode bestehen also in der Einfachheit der Handhabung und in der Erreichung sehr zahlreicher (concentrischer) und gleichzeitig sehr langer Kreisbögen.

Die vierte Methode, die in einem Einspritzen flüssig gemachten Paraffins in die Gelenkspalten eines Fusses in einer beabsichtigten Stellung besteht, soll nicht nur das Vorhandensein einer „Dehiscenz“ zeigen, sondern auch eine genaue Untersuchung der Stellen ermöglichen, an denen sie eintritt; sie ist eine Ergänzung des Gefrierverfahrens, da bei diesem die Gelenkknorpel nicht, oder nur ungefähr in Rechnung gezogen werden können.

Die fünfte Methode ist die der Ergänzung der Gelenkflächen, welche ja hier, wie in so vielen Fällen, nur kleine Abschnitte der zu Grunde liegenden Gebilde sind, zu so grossen Stücken, dass dadurch die stereometrische Form anschaulich wird; diese Methode ist gleichfalls nicht neu. Doch kommt es nicht darauf an, dass diese Methode angewendet, sondern wie, d. h. von welchem Gesichtspunkt aus sie angewendet wurde. Denn unser Object, insbesondere die Flächen des Talocalcaneal-Gelenkes, zeigt, dass man ein und dieselbe Fläche in überaus verschiedener Weise ergänzt hat. Die Ergänzung hat daher nur realen Wert, wenn sie in Verbindung mit einer weiteren Seite der Untersuchung ausgeführt wird, welche ich, obwohl es sich um eine geistige Operation handelt, der klareren Darstellung halber als besondere Methode darstellen will.

Es ist die Analyse der Gelenkkörper, d. h. die Zerlegung einer und derselben Fläche in mehrere Abschnitte, von denen nur der eine gangbestimmend ist und fortgeführt (ergänzt) wird. Zur Auffindung desselben helfen uns die verschiedenen vorhergenannten Methoden: die Gefrierskelettmethode, die allerdings wegen der fehlenden Knorpel nur approximative Werte giebt; die Paraffineinspritzmethode, die die erstere in dieser Beziehung ergänzt; die Eisenfeilmethode, insofern als sie nur an den gangbestimmenden Teilen Spuren erzeugt; vor allem aber die Betrachtung der Lage der Achse. Erst durch die Aufsuchung der gangbestimmenden Abschnitte ist die notwendige correcte Grundlage für die Ergänzung gewonnnen; denn da die Ergänzung den Gang, die Bewegung der Teile anschaulich machen soll, so ist klar, dass auch nur die gangbestimmenden Abschnitte der Gelenkflächen ergänzt werden dürfen,

unter Vernachlässigung der nicht wesentlichen, nicht gangbestimmenden. Eine siebente, sehr wichtige Methode, deren Bedeutung für die Untersuchung des Kniegelenkes durch H. Virchow in sehr anschaulicher Weise hervorgehoben ist, die Fixierung der Gelenke in den gewollten Stellungen durch arterielle Injection von einem Formalin-Alkohol-Gemisch am unzerlegten Körper, wodurch die Gewebe in einigen Wochen vollkommen starr werden, habe ich bisher nicht in Anwendung ziehen können, erhoffe aber von ihr gerade für unser Gelenk wichtige Aufschlüsse.

Führt man an einem Bänderpräparat eines Fusses innerhalb der Fusswurzel Bewegungen aus, so sieht man an ihnen sich drei Skelettabschnitte beteiligen:

1. das Sprungbein,
2. das Fersenbein,
3. den „Vorderfuss“ (Langer), d. h. den vor der Chopartschen Linie gelegenen Teil der Fusswurzel mit dem Mittelfuss. Geringe Bewegungen innerhalb des dritten Abschnittes kommen nicht nur vor, sondern sind auch notwendig, sollen aber, als von secundärer Bedeutung, erst später besprochen werden. Die Bewegungen zwischen den genannten drei Teilen sind an frischen Füssen zwangsmässig miteinander verbunden, und nur bei Füssen von Leichen, die schon lange in warmen Räumen gelegen haben, gefroren waren und dergl., findet man eine abnorme Beweglichkeit. Diese zwangsmässige Verbindung der Bewegungen lässt sich in allen drei möglichen Fällen zeigen: erstens wird bei passiver Verschiebung des Fersenbeins gegen das Sprungbein der Vorderfuss, zweitens bei Verschiebung des letzteren gegen das Fersenbein das Sprungbein mitbewegt; drittens kann gegen das ruhende Sprungbein der Vorderfuss durch Muskelkräfte — Schien- und Wadenbeinmuskeln — bewegt werden, wobei dann das Fersenbein mitgenommen wird. Diese letztere Möglichkeit ist die Regel für den Lebenden und soll deshalb der Beschreibung zu Grunde gelegt werden.

Eine Bestätigung dieses zwangsmässigen Verhältnisses liegt darin, dass, wenn man zwei beliebige Abschnitte unbeweglich durch Stifte vereinigt — 1 mit 2,

oder 1 mit 3, oder 2 mit 3 — jede Bewegung in der Fusswurzel aufgehoben ist; nur die Elasticität der Knorpel und Bänder gestattet dann noch eine geringe Formänderung des Fusses.

Das Wesentliche dieser Einrichtung wird durch den Vergleich mit zwei anderen Gelenken in ein helleres Licht gestellt. An der Bildung des Ellenbogengelenkes sind nämlich auch drei Knochen beteiligt, doch kann der eine, der Oberarmknochen, allein gegen die ruhenden Vorderarmknochen bewegt werden. Andrerseits kommen aber auch bei Wirbeltieren Gelenkverbindungen vor, welche die gleiche zwangsläufige Vereinigung erkennen lassen, wie z. B. das Kiefergelenk der Vögel, bei dem sich Quadratbein, Ober- und Unterkiefer stets gleichzeitig bewegen.

Wegen dieser zwangsmässigen Gleichzeitigkeit der Bewegungen der drei Teile des Fusses können auch die zwischen ihnen liegenden Gelenke bei der Betrachtung nicht von einander getrennt werden; und Poirier pflegt deshalb das Sprung-Fersenbeingelenk, das Sprung-Kahnbeingelenk und das Fersen-Würfelbeingelenk als „Articulation de l'entorse" zusammen zu fassen; im Folgenden soll es „Fusswurzelgelenk" genannt werden.

Die auf den ersten Blick recht verwickelten Verhältnisse stellen sich jedoch dadurch bedeutend einfacher, dass erstens in allen drei Gelenken dieselbe Bewegungsform sich findet, und dass zweitens diese die einfachste in Betracht kommende ist, die einfache Drehung um eine Achse.

Macht man diese zum Ausgangspunkt der Betrachtung, so kann man die Kinematik der Fusswurzel untersuchen, ohne zunächst durch die verwickelte Form der Gelenkflächen gestört zu sein, gewiss eine wesentliche Vereinfachung für das Verständnis. Darauf kann man die Untersuchung der Gelenkflächen anschliessen, deren gangbestimmende Abschnitte sich — unter Zugrundelegung der Achsen — als Oberflächenteile von Drehkörperpaaren[1]) von dem Bau R $\pm$ R — darstellen. Da auch die

[1]) S. F. Reuleaux, Lehrbuch der Kinematik 2. B. d. 3. Abschnitt p. 729.

Wirkung der Muskeln und Bänder nur nach ihrer Lage zu den Achsen verstanden wird, so ist die nächstliegende Aufgabe die vollkommen genaue Bestimmung der letzteren. Im Folgenden soll diese daher ausführlich dargestellt und im Anschluss die übrigen technischen Fragen erörtert werden.

Methoden.

1. Achsenbestimmung.

a. Für die Art. talo-calcanea. Wenn man in einen Schraubstock das Fersenbein unbeweglich einspannt und auf ihm das Sprungbein hin und her dreht, so bleibt auf diesem dabei ein Punkt in Ruhe. Seine Auffindung erleichtert wesentlich ein an einem Ständer befestigter Zeiger, der so lange verschoben wird, bis er auf eben jenen Punkt zeigt. Hier wird eine Nadel eingestochen, und zwar empfiehlt es sich, dazu gleich das Ansatzstück eines Drillbohrers zu wählen, da dieser nachher doch gebraucht wird, und seine Neigung so lange verändert, bis es sich nur noch um sich selbst dreht. Ohne es im geringsten zu verrücken, wird jetzt der Bohrer aufgesetzt und die Achsenrichtung des Gelenkes durchgebohrt.

b. Für die Art. calcaneo-cuboidea. Nun wird der Vorderfuss bewegt und der an ihm in Ruhe bleibende Punkt aufgesucht, was gewöhnlich deshalb besonders schwierig ist, weil er auf der die Achse spitzwinklig treffenden Rückenfläche des Fusses liegt. Man kann sich zuweilen durch Abtragen des distalen Vorderfussabschnittes helfen, und zwar je nach der Lage der Achse durch Exarticulation in der Lisfrancschen Linie, oder durch Absägen quer durch die Keilbeine hindurch; man findet den Ruhepunkt nun leicht auf der Sägefläche, da diese jetzt senkrecht zur Achse steht.

c. Für die Art. talo-navicularis. Zum Schluss wird der Vorderfuss durch Festschrauben des Kahnbeins fest gestellt — nicht des ganzen Vorderfusses, da sonst die geringen aber notwendigen Bewegungen zwischen seinen einzelnen Bestandteilen aufgehoben werden würden. Auf dem beschriebenen Wege wird auch hier die Sprung-Kahnbeinachse aufgesucht, die am leichtesten zu bestimmen ist. Da sie nirgends den Vorderfuss berührt, muss der

die Achse darstellende Stift durch eine Öse gesteckt werden, die auf der Rückseite des Kahnbeins befestigt wird.

Bei allen drei Einzelgelenken lässt sich erreichen, dass der eingestochene Stift sich nur um sich selbst dreht; dies ist einer der Beweise dafür, dass die stattfindenden Brwegungen tatsächlich Drehbewegungen um die angegebenen Achsen sind.

Da der notwendigerweise sehr lange Bohrer sich leicht beim Bohren durchbiegt und dadurch von seiner Richtung abweicht, so muss man, um nicht groben Täuschungen ausgesetzt zu sein, auch die hinteren Durchschnittspunkte der Achsen bestimmen; der Weg ist derselbe, er führt aber nur dann mit hinreichender Sicherheit zum Ziel, wenn die gesuchten Punkte in der Nähe der Fersenbeinhöcker liegen und nicht auf der medialen Seite, auf der Fläche unter dem Sprungbein, da diese unter sehr spitzem Winkel von der Achse getroffen wird.

Durch Bestimmung des vorderen und hinteren Durchschnittspunktes ist die Achse sicher festgelegt.

2. Ganglinien.

Man bringt in die Gelenke Eisenfeile, sorgt durch Aufgiessen von Wasser dafür, dass sie auch in die tieferen Teile gelangt, und bewegt nun den Fuss; dadurch ritzen sich in die Knorpel „Gang-" oder „Spurlinien", die man durch Überstreichen mit Farbe deutlich sichtbar machen, gewissermassen entwickeln kann; sie sind Teile von Kreisen, in deren Mittelpunkt die Achsen liegen. Man vergleiche hierzu die Figur 7.

Für das Sprung-Fersenbeingelenk sind die Ganglinien nicht besonders dargestellt, da die schraffierten Linien der ergänzten Gelenkflächen (Fig. 2 u. 3) ihre Richtung angeben. Auch diese Methode kann mit Vorteil zur Correction einer fehlerhaften Bohrung benutzt werden, da im Krümmungsmittelpunkt der Linien die Achse liegen muss.

3. Gefrierskelett-Methode.

Hinsichtlich dieser Methode sei zunächst an das schon Bekannte erinnert[1]); sie besteht darin, dass an

[1]) H. Virchow: Die Aufstellung des Fussskeletts. Anat. Anz. z. Jahrg. 1892.

einem gefrorenen Fusse die Rückenflächen der Knochen glatt geschabt werden, wobei besonders sorgfältig die zugängigen Teile der Gelenkspalten zu säubern sind, um eine recht scharfe Begrenzung der Formen der einzelnen Knochen zu erhalten. Von dieser Fläche des noch gefrorenen Fusses wird ein Gipsabguss genommen, in den die Knochen nach dem Macerieren unverrücklich hineinpassen, so dass man sie durch Stifte genau in der Lage vereinigen kann, in der sie sich in der Leiche befanden.

a) Erste Erweiterung der Methode. Da im vorliegenden Fall nach Anfertigung des Gipsabgusses und nach dem Auftauen noch die Bewegungsachsen festgelegt werden sollten, durften die Bänder nicht verletzt und die Gelenkspalten nicht eröffnet werden; dies Erfordernis machte einen kleinen Kunstgriff nötig. An dem gefrorenen Fusse wurden nämlich nur die Mitten der Knochen glattgeschabt und in diese Nägel[1]) mit halbkugeligen Köpfen eingetrieben, die in dem Gipsabguss so sichere Lager hervorbrachten, dass die Knochen genau in ihrer Lage zusammengesetzt werden konnten. —

Diese Erweiterung ist auch auf die gewöhnlichen Aufgaben der Gefrierskelettmethode anwendbar und gibt ihr erst den höchsten Grad der Exactheit; denn wer mit der Methode gearbeitet hat, weiss auch, dass es Fälle giebt, in denen die kleineren Knochen von wenig ausgesprochener Form nicht absolut genau in den Gipsabguss passen.

Durch Combination der Gefriermethode und der Achsenbestimmung kam ein Präparat zu stande, das in Fig. 1 abgebildet ist. Der Exactheit zu Liebe sei bemerkt, dass das 2. Keilbein und der 4. Mittelfussknochen verkantet sind, was natürlich für unser Problem vollkommen gleichgültig ist. Die Genauigkeit der Achsenbestimmung litt dadurch, dass die Weichteile des Fussrückens bis auf die Bänder entfernt werden mussten, die noch dazu durch das Gefrieren morsch geworden waren; dieser Weg entspricht also nicht den höchsten Anforderungen an Genauigkeit; bessere Resultate würde man erhalten, wenn man zunächst unter möglichster

[1]) Gewöhnliche Nägel erzeugen hässliche Rostflecke.

Schonung der Weichteile die Achsenbestimmung vornähme und erst dann das Gefrierverfahren anschlösse; doch ist ein derartiger Versuch noch nicht unternommen.

b) Zweite Erweiterung. Der letzte endgültige Aufschluss über die Stellung der einzelnen Fussknochen zu einander erhält man nicht durch das zusammengesetzte Skelett des ganzen Fusses. Dies hatte schon vor zehn

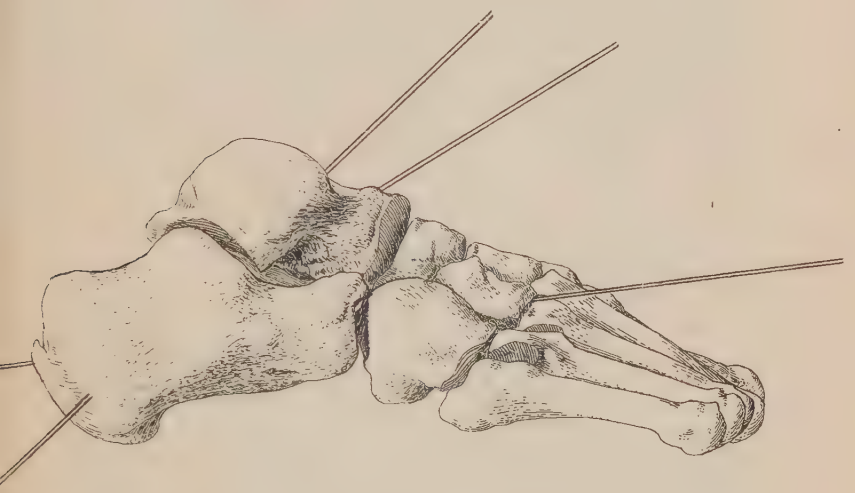

Fig. 1.

Gefrierskelett des Fusses mit den drei Achsen, von der lateralen Seite. Die steilste der drei Achsen ist die für das Talo-calc.-Gelenk, die flachste die für die Art. calc.-cub. und die mittlere die für die Art. talo-navic. Die letztere ist nicht nach hinten verlängert. Herstellung des Präparates s. Text; die Nägel mit den halbkugligen Köpfen sind in der Zeichnung fortgelassen. Die auffallende Kürze der Mittelfussknochen beruht auf einer individuellen Zufälligkeit des Präparates.

Jahren H. Virchow zu dem Versuch veranlasst, die Fussknochen gruppenweise zusammenzusetzen; der betreffende, zur Sammlung der Königl. Hochschule für die bildenden Künste gehörige Fuss besteht aus folgenden sieben Teilen: 1.) Talus + Calcaneus, 2.) Cuboides + Naviculare + 3 Cuneiformia, 3.)—7.) Je ein Metatarsale mit den zugehörigen Phalangen.

Wenn diesem Präparat nun auch grosser Wert für die Demonstration wie für die Untersuchung zukommt, so hat es sich doch gezeigt, dass es weitaus nicht hinreicht, und zwar aus einem bestimmten Grunde. Um nämlich die Stellung eines Knochens, z. B. des Kahnbeines genau durchuntersuchen zu können, müsste man es erstens mit dem Sprungbein, zweitens mit dem Würfelbein, drittens mit den Keilbeinen, viertens mit den sämtlichen Fusswurzelknochen nach dem Gefrierverfahren vereinigt untersuchen. Da ein und derselbe Knochen also für verschiedene Zusammenstellungen nötig war, wurde von H. Virchow vorgeschlagen, Abgüsse der Knochen in Papier mâché zu verwenden. Für den ersten Versuch, der sich gleich aufs beste bewährt hat, wurden folgende Combinationen hergestellt:

1. Talus + Calcaneus,
2. Talus + Naviculare,
3. Calcaneus + Cuboides,
4. Cuboides + Naviculare.
5. Talus + Calcaneus + Naviculare + Cuboides,
6. Der ganze Fuss ohne Zehen, wobei die Keilbeine und Mittelfussknochen, da sie in keiner weiteren Combination Verwendung zu finden hatten, im Original angefügt wurden.

Dieses Verfahren gestattet eine ausserordentlich verfeinerte und weitgehende Analyse der Fussprobleme. Nebenbei sei bemerkt, dass man so auch authentisch zusammengesetzte Skelette der verschiedenen Fussdeformitäten (Spitzfuss, Klumpfuss u. s. w.), die im Original unbeschaffbar sind, vervielfältigen und zu Vorlesungs- oder Studienzwecken zugänglich machen kann.

c) Dritte Erweiterung. Eine fernere, durchaus notwendige Ergänzung der Gefriermethode bei ihrer Anwendung auf Bewegungsfragen besteht in der authentischen Zusammensetzung beider Füsse, von denen der eine in der Ausgangsstellung aufgestellt wird und als Vergleichsfuss dient.

4. Paraffinausgüsse der Gelenke.

Um das Klaffen der Gelenke zwischen Sprung- und Fersenbein, sowie zwischen diesem und dem Würfelbein in der Supinationsstellung zu zeigen, wurde flüssiges

Paraffin in die Spalten gespritzt und nach dem Erstarren aus den aufgeschnittenen Gelenken herausgenommen.

5. Analyse der Gelenkflächen.

s. die Einzelgelenke.

6. Die Ergänzung der Gelenkflächen

wurde mit Plastiline in der Weise vorgenommen, dass die der Bewegung dienenden (mechanischen) Teile derselben in der Richtung der Ganglinien, der Kreise um die Bewegungsachse, fortgeführt wurden; es wurden also nicht die ganzen Gelenkflächen ergänzt, sondern die statischen Teile (s. später) unberücksichtigt gelassen, da sie ohne jeden Einfluss auf die Bewegung sind.

7. Formalinalkoholmethode.[1])

Bei Anwendungen auf Bewegungsfragen ist es durchaus nötig, auch hier beide Füsse — den einen als Vergleichsfuss — nach dieser Methode zu untersuchen. Man stellt sich dazu eine Mischung von

Formalin (40 %)	100
Alkohol (96 %)	900

her. Nachdem eine Canüle in die Arteria femoralis eingebunden und eine starke Schlinge so fest um den ganzen Oberschenkel dicht oberhalb der Canülenmündung gelegt ist, dass später keine Flüssigkeit aus den durchschnittenen Gefässen zurücktreten kann, injiciert man in das Bein so viel von der Mischung, als nur irgend hineingehen will, bis die Haut prall gespannt ist.

Mechanik der Fusswurzel im ganzen.

Die Form der Gelenkflächen einerseits, die Bänder andrerseits sind, auch abgesehen von den Muskelwirkungen, die Ursache dafür, dass nur um die erwähnten Achsen Bewegungen möglich sind. Sorgt man auf anderem Wege — durch Einführung materieller Achsen, d. h. durch Einstecken von Drähten in die Bohrlöcher

---

[1]) H. Virchow: Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft z. Berlin, Jahrg. 1899—1900.

— dafür, dass nur um die angegebenen Achsen Bewegungen stattfinden können, so kann man die Bänder entfernen, ja sogar alle Gelenkflächen absägen, und es bleibt dann doch noch die zwangsmässige Verbindung der Bewegungen in den drei Gelenken bestehen. Es ist in der That ein überraschender Anblick, einen so zubereiteten Fuss vollkommen lebenswahre Bewegungen ausführen zu sehen, obwohl die Teile, die ihn zusammensetzen, sich überhaupt nicht berühren. Noch auffälliger lässt sich diese Thatsache zur Anschauung bringen, wenn man drei Holzklötze von beliebiger Gestalt durch Stricknadeln vereint, die genau der gegenseitigen Lage der Achsen entsprechen. An diesem denkbar einfachsten Modell kann man die ganze Mechanik des Fusses demonstrieren. Aus Gründen, die später erörtert werden, darf der Klotz, der den Vorderfuss darstellt, nicht in sich starr sein, sondern muss aus 2 Teilen bestehen, die dem Cuboides und Naviculare entsprechen und geringe Verschiebungen gegen einander gestatten.

In den Mittelpunkt der folgenden Betrachtung sind die Bewegungsachsen gestellt, um den grossen Vorteil auszunutzen, zunächst ohne Rücksicht auf die Gelenkflächen und die Bänder die Kinematik der Fusswurzel im ganzen untersuchen zu können und erst dann die Analyse der Einzelgelenke vornehmen zu brauchen. Man verfolge die Angaben an einem Skelett, an dem der für sich zusammengetzte Vorderfuss mit Sprung- und Fersenbein durch längere Stifte drehbar vereinigt ist, die der Lage der Achsen entsprechen.

Um eine senkrechte Achse wäre nur Adduction, um eine sagittale nur Supination, um eine frontale nur Plantarflexion und die entgegengesetzten Bewegungen möglich. Da die Fussachsen gegen alle drei Richtungen geneigt sind, müssen sie Bewegungen bedingen, in denen alle drei Bestandteile enthalten sind, und die man sehr anschaulich als „Maulschellenbewegungen“ bezeichnet hat. Die Betrachtung der Lage der Achsen zeigt nun ohne weiteres, dass im Gelenk zwischen Kahnbein und Sprungbein der Anteil der

Supination relativ grösser,
Adduction „ kleiner,
Flexion „ kleiner

ist als im Sprung-Fersenbeingelenk, ausgedrückt wohlgemerkt in Winkelgrösse.

Beide Teile, Vorderfuss und Fersenbein, beschreiben gleiche Bogen nur an der Durchtrittsstelle der Achse zwischen beiden, der Achse des Fersenbein-Würfelbeingelenkes. Wegen der geringeren Entfernung dieses Punktes von der Achse des Vorderfusses gegen das Sprungbein, der Art. talo-navicularis, kommt dem Vorderfuss nicht bloss der grössere relative, sondern auch absolute Drehungswinkel zu; demnach sind auch alle eben angegebenen Unterschiede der Bewegungscomponenten nicht allein relative, sondern auch absolute. Während also der Vorderfuss in Bezug auf Supination vorauseilt, bleibt er in Bezug auf Flexion und Adduction hinter dem Fersenbein zurück.

a) Die geringere Supinationsgrösse des Fersenbeins macht sich in der Art. calcaneo-cuboidea dadurch kenntlich, dass es bei Hebung des Grosszehenrandes auf dem Fussrücken übersteht, wie man am Lebenden fühlen, besser noch am Gefrierskelett sehen kann. Die Verschiedenheit des Supinationswinkels begründet also an sich schon die Notwendigkeit eines Gelenkes zwischen Würfel- und Fersenbein, das von den Gebrüdern Weber geleugnet, nach Henkes Theorie nicht notwendig, in Wirklichkeit aber vorhanden und notwendig ist.

b) Durch die stärkere Flexion des Fersenbeines würde seine vordere Gelenkfläche mehr dem Boden zugekehrt werden, als die hintere Würfelbeinfläche gehoben würde; das Klaffen des Gelenkes nach unten, das daraus resultieren würde, wird durch eine Ausgleichsbewegung des Würfelbeines verhindert: dies weicht mit seinem proximalen Ende dorsalwärts, mit seinem distalen plantarwärts ab; diese Bewegung ist, wie die folgende, eine isolierte Bewegung des Würfelbeins gegen den Vorderfuss und ist bedingt durch den Zug des Lig. calc. cub. plant.; man kann sie leicht zur Anschauung bringen, wenn man parallele Nadeln in die Rückenflächen des Kahn- und Würfelbeins einsteckt; bei Supination weicht dann die Nadel zehenwärts ab.

c) Durch die stärkere Adduction des Fersenbeins würde seine vordere Gelenkfläche der Mittelebene stärker genähert werden, als die entsprechende Würfelbeinfläche;

dies ist dadurch unmöglich gemacht, dass der Würfelbeinzapfen, der ja nicht gegen das Fersenbein weggleiten kann, von diesem mitgenommen wird, während die dorsomediale Kante des Würfelbeins sich gegen das dritte Keilbein stemmt; es kommt dadurch eine Bewegung zu stande, in der man leicht die Umkehrung von H. von Meyers Schlussrotation wiedererkennt, d. h. eine isolierte Supinationsbewegung des Cuboides, die sich so als zwangsläufig erklärt.

Die zusammengesetzte Bewegung im Fusswurzelgelenk vollzieht sich demnach kurz folgendermassen: durch Muskelkräfte wird der Grosszehenrand gehoben, der ganze Vorderfuss um die Talo-navicular-Achse gedreht; durch Bänder wird das Fersenbein mitgenommen, das sich seinerseits um die Sprung-Fersenbeinachse dreht. Infolge der verschiedenen Neigung der Achsen gegen die Raumcoordinaten tritt eine Verschiedenheit in der Grösse der Supination, Adduction und Flexion ein; wegen der geringeren Supinationsgrösse des Fersenbeins tritt sein vorderes Ende über den Vorderfuss dorsalwärts über; die Verschiedenheit in der Grösse der beiden anderen Bewegungscomponenten wird durch kleine, isolierte Ausgleichs-Bewegungen des Würfelbeins gegen den Vorderfuss ausgeglichen.

Die drei Einzelgelenke.

I. Artic. talo-calcanea.

Die Lage der Achse geht aus den Fig. 1, 2, 3 hervor. Bei der gewöhnlichen Stellung des Fusses schliessen die Gelenkflächen des Sprung-Fersenbeingelenkes nahezu aufeinander; bei Hebung des Grosszehenrandes tritt aber über der Fersenbeinrolle hinten und medianwärts ein Klaffen ein, dessen thatsächliches Vorhandensein bewiesen wird durch Gefrierskelette in Supinations-Stellung, Ausgüsse des Gelenkes mit Paraffin, Bänderpräparate, bei denen eine Bewegung ohne diesen Vorgang, selbst unter Anwendung von Gewalt nicht zu erzwingen ist, durch die Betrachtung der Lage der Sprung-Fersenbeinachse, um die eine Drehung ohne Klaffen ausgeschlossen ist. An Füssen, die in Supinations-

stellung mit 10% Formalin-Alkohol injiciert sind, lässt sich eine Abplattung der Gelenkknorpel erwarten, soweit sie in Berührung sind. Diese Untersuchung ist jedoch erst in Vorbereitung. Nach dem Gesagten müssen an der Fersenbeinrolle zwei Abschnitte streng von einander geschieden werden: ein vorderer, lateraler, der dem Gleiten dient, und ein hinterer, medialer, der beim Anheben des Grosszehenrandes sofort ausser Berührung mit der entsprechenden Sprungbeinfläche kommt und daher mit der Bewegung des Fusses absolut nichts zu schaffen hat. — Tritt man mit supiniertem Fuss auf, so ist in diesem Augenblick nur ein schmaler Streifen der Fersenbeinrolle lateral und vorn in Berührung mit dem Sprungbein, — alsbald wird aber der Kleinzehenrand gegen den Boden gestemmt, der Grosszehenrand durch die Körperschwere niedergedrückt, der Fuss also selbstthätig, ohne willkürliche Muskelthätigkeit proniert, so dass bei voller Belastung des Fusses das beträchtliche Körpergewicht bereits von der ganzen überknorpelten Fläche aufgenommen wird, eine Einrichtung, die z. B. beim Springen von der grössten Bedeutung sein muss. Dem hinteren Abschnitt der Gelenkfläche kann daher nur Bedeutung als Flächenvergrösserung bei Belastung zugesprochen werden, er ist eine statische Fläche, während der vordere Abschnitt der Bewegung, also mechanischen Zwecken, dient und deshalb als Gelenkfläche in engerem Sinn betrachtet werden muss. Beide Teile sind durch eine verschieden starke Wölbung unterschieden, die die Ergänzung der ganzen überknorpelten Fläche zu einem Drehkörper unmöglich macht; daher ist auch weder die Ergänzung desselben zu einem Cylinder (Weber, Henle) noch zu einem Kegel (Henke) gerechtfertigt. Ist ein (häufig vorkommendes) Os trigonum vorhanden, so ist auch die zugehörige Fersenbeinfläche durch eine stärkere Wölbung in anderer Richtung kenntlich.

Die durch Eisenfeile eingeritzten Gangspuren durchziehen nur den mechanischen Teil der Gelenkfläche, um an der Grenze gegen den statischen sich zu verlieren; diese Linien, sind Teile von Kreisen; verlängert und vervollständigt man durch Ansetzen von Plastiline die Gelenkfläche, wobei der statische Teil natürlich unberück-

sichtigt bleiben muss, so gelangt man zu der in Fig. 2 und 3 abgebildeten Drehkörperfläche, die aus zwei Teilen besteht, einer oberen hohlen und einer unteren vollen Form, deren gemeinsame Drehungsachse die zuvor bestimmte Bewegungsachse dieses Gelenkes ist. Die

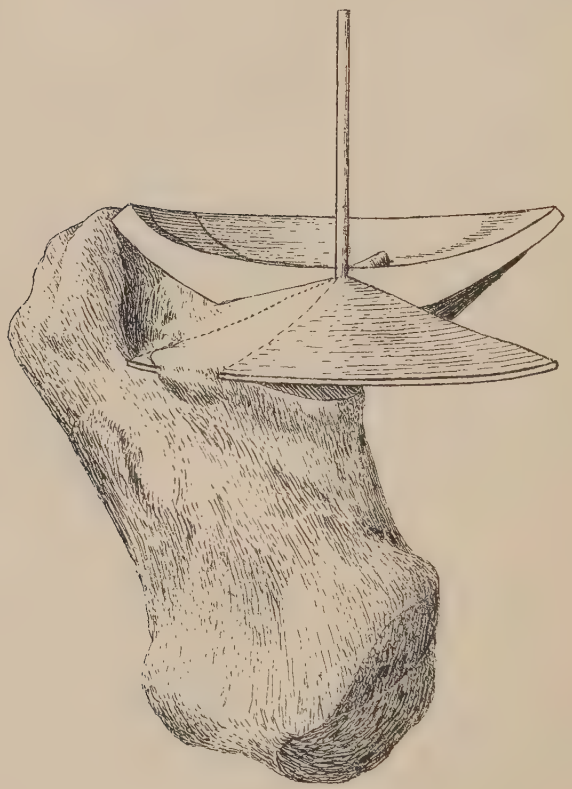

Fig. 2.

Calcaneus, Ansicht von der lateralen, zugleich etwas dorsalen Seite; der Proc. ant. ist dem Beschauer etwas näher, das Tuber etwas mehr von ihm entfernt. Gelenkflächen ergänzt, Drehkörper nur halb dargestellt. Orientierung: die Drehungsachse fällt in die Ebene des Papiers. In der oberen, hohlen Drehkörperhälfte ist links von der Achse die mediale Facette in starker Verkürzung sichtbar. Dicht rechts neben der Achse erhebt sich das statische hintere Ende der medialen Facette. In dem unteren, vollen, kegelförmigen Drehkörperteil ist der mechanische Abschnitt der Gelenkfläche von punktierten Linien begrenzt; unter der Ergänzung ist der statische Abschnitt sichtbar.

untere Drehfläche zieht, wie es die Fig. 2 deutlich erkennen lässt, über den statischen Rollenabschnitt hinweg und stellt einen sehr stumpfen Kegel von 6 cm Breite und 1 cm Höhe dar. (Es sei besonders betont, dass dies nicht der Kegel von Henke ist, in welchem die ganze Rolle enthalten ist.)

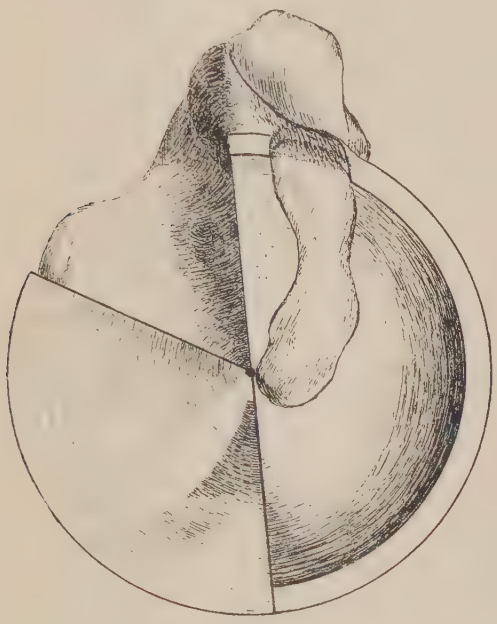

Fig. 3.

Dasselbe Präparat wie in Fig. 2; Ansicht von der dorsalen Seite. Orientierung: Achse in totaler Verkürzung, als Punkt sichtbar. Rechts der halbe hohle, links der halbe volle Drehkörperteil; in der hohlen (rechts) die natürliche mediale Facette sichtbar, die in diesem Fall nicht in 2 Teile geschieden ist, an dem vollen (links) sieht man den vorderen mechanischen Abschnitt des natürlichen Knochens. Die Verhältnisse sind aus zeichnerischen Gründen nicht recht klar, indem die vordere Grenze dieser Fläche gegen den Sulcus calcanei fortgelassen, die hintere Begrenzungslinie zu stark ausgezogen, die Schraffierung an dieser Stelle unterbrochen ist. Die Facies cuboidea sieht nach oben.

Die beiden Facetten auf dem Halse des Fersenbeins sind meist durch den Ansatz des Lig. calcaneonaviculare getrennt, doch fliessen sie auch häufig zusammen; functionell bedeutet dieses keinen Unterschied,

da die Flächen in beiden Fällen Ausschnitte aus derselben oberen, tellerförmigen Drehkörperfläche sind. Über sie ragt stets das hintere mediale Ende der Fläche über dem Sustentaculum hervor (s. Fig. 2). Je stärker es vorspringt, um so entschiedener hemmt es gleich einem Anschlage die supinatorische Bewegung des Taluskopfes. Zwischen diesem und dem Vorsprung entsteht also bei Supination ein Klaffen. Auch die Fläche auf dem Vorsprung ist mithin eine statische. Dicse Fläche, die über dem oberen Drehkörper sich erhebt, gehört daher ebenso wenig zu diesem, wie der Teil der Rolle, der unter dem unteren Drehkörper bleibt. Beide müssen bei der Betrachtung übersehen werden. — Diese Drehkörperflächen würden das Fersenbein bestreichen, wenn die Hemmungen es zuliessen, die begonnene Bewegung fortzusetzen. Diese wird in keiner Weise dadurch geändert, dass nur Teile, Ausschnitte aus den Drehkörpern, bei dem Aufbau der Gelenke Verwendung gefunden haben, wie ja auch ein Ski-Läufer unmerklich über tiefe Löcher in der Schneedecke dahin gleitet. Durch das Vorhandensein von zwei Teilformen des Drehkörpers ist eine ungemein sichere Function grade dieses Gelenkes gewährleistet. Eine ganz ähnliche Gestalt zeigt die ergänzte Kniegelenkfläche der Pferde-Tibia, bei der die Stelle der Achse durch eine starke Eminentia intercondyloidea sehr deutlich markiert ist; dieselbe Drehkörperform zeigt auch die entsprechende Fläche beim Menschen, wenn auch nicht so ausgesprochen. Die Combination „hohl gegen voll“ ist die im Tierreich häufiger vorkommende (Reuleaux l. c.). Die Lage des Drehpunktes zur vorderen Gelenkfläche des Fersenbeines erklärt ohne weiteres ihr Vorrücken bei Supination. Sie beschreibt dabei einen Kreis, in welchem der Sprungbeinkopf excentrisch liegt. Das mag die Ursache sein, warum diese Bewegung für eine Schraubenbewegung angesehen worden ist.

II. Art. talo-navicularis.

Die Lage der Achse ist aus Fig. 1 ersichtlich. Senkrecht zur Achse geführte Sägeschnitte sind Kreise. Der Sprungbeinkopf ist also ein Drehkörper von „pomeranzenförmiger“ Gestalt (Henke). Der Gelenk-

knorpel kann die Achse berühren, sich aber auch weit von ihr zurückziehen. Im ersten Fall ist die Gelenkfläche ein breiter, im zweiten ein schmaler Ausschnitt aus dem Drehkörper, — ein Unterschied, der functionell ohne Bedeutung ist. Die für das Kahnbein bestimmte Fläche ist als spiralig, schraubenförmig, schneckengangähnlich, wendeltreppenförmig beschrieben worden. Für den beschreibenden Anatomen mögen diese Bezeichnungen Wert haben. Vom bewegungsmechanischen Standpunkt aus muss jedoch die Drehkörperform betont werden; die Gelenkfläche ist wohl ein spiraliger Ausschnitt, aber nicht aus einer Spirale. (Man vergleiche das über das Würfelbein vom Orang Gesagte.) Die Flächen dieses Gelenkes gehören in ganzer Ausdehnung dem Drehkörperpaar an, zum Unterschied von den beiden anderen Einzelgelenken. Sie dienen in allen Teilen der Bewegung, ein Klaffen tritt nie im Gelenk auf, ein statischer Abschnitt ist hier nicht vorhanden.

Am Sprungbeinkopf gehört die eben besprochene Fläche der Sprung-Kahnbeinachse, die untere Facette der Sprung-Fersenbeinachse, die zwischen beiden gelegene mittlere Facette (für das Lig. calcaneo-naviculare plantare longum) beiden zugleich an. Indem nämlich das vordere Ende des genannten Bandes sich mit dem Kahnbein um die erste Achse dreht, das hintere Ende dagegen mit dem Fersenbein um die zweite Achse, entsteht für den mittleren Teil des Bandes eine Facette, deren Lage und Krümmung das Mittel zwischen beiden darstellt. In der That steht die Kante, die diese Facette von der oberen Fläche schneidet, nicht genau zur Achse des Sprung-Kahnbeingelenkes (Langer), sondern ist um ein geringes gegen sie geneigt.

Vom Sprungbein aus treten die Fasern des Lig. talo-navic. und des Lig. tibio-navic. zusammen, um sich auf dem Kahnbein in spitzem Winkel zu vereinigen. Zwischen seinen Schenkeln liegt der Durchschnittspunkt der Achse (Langer) und hier, wo infolge dessen die Bewegung am geringsten ist, ist auch das genannte Band am kürzesten. An dieser Stelle, da, wo der mediale Rand des Grosszehenstreckens die Gelenkspalte kreuzt, beobachtete Hyrtl ein besonderes, gestieltes Gelenk zwischen Sprung- und Kahnbein. Die Lage

dieser Verbindung ist keine zufällige, da ja nur da, wo die Achse verläuft, sich Punkte finden, die in Berührung bleiben.

III. Art. calcaneo-cuboidea.

Die Hauptschwierigkeit der Analyse dieses Gelenkes besteht in der Achsenbestimmung (s. Technik) und für dieses Gelenk leistet die Eisenfeilmethode Vorzügliches. Die Achse des Gelenkes (s. Fig. 1) verläuft durch die Spitze des hinteren Würfelbeinzapfens, oder mehr dorsal von ihr, geht durch das dritte Keilbein, um meist da, wo dieses mit dem zweiten und dritten Mittelfussknochen zusammentrifft, den Fuss zu verlassen. Bei Bewegungen um diese Achse tritt ein Klaffen ein, wie auch Paraffinausgüsse zeigen. Doch gehen die statischen und mechanischen Teile so unmerklich in einander über, dass die Betrachtung der bedeutend markanteren Gelenkflächen des Orang wesentlich zur Klärung beiträgt. Der beschreibende Anatom wird die hintere Fläche des Würfelbeins vom Orang für ein ausgesucht schönes Beispiel einer Schrauben- oder Spiralfläche erklären. Diese Bezeichnung ist vom mechanischen Standpunkt falsch, da ein Punkt auf der vorderen Gelenkfläche des Fersenbeins sich nicht auf dieser Spirale, sondern auf einer Kreislinie um den Zapfen bewegt, wie die Ergänzung der Fläche veranschaulicht (s. Fig. 4). Eine andere als diese Drehbewegung ist in diesem Gelenk schon durch den Bau der knöchernen Teile ausgeschlossen. Derselbe Mechanismus kommt auch beim Menschen vor, sehr schön z. B. an einem Ainoskelett in eigenem Besitz, das durch ein Gelenk zwischen Kahn- und Fersenbein ausgezeichnet ist; der Achsenzapfen ist zwar breiter, gerundeter und nicht so energisch vorspringend wie beim Orang, doch kann er wie bei diesem unmöglich andere als Drehbewegungen in der pfannenartigen Vertiefung der vorderen Gelenkfläche des Fersenbeins ausführen. Auch H. v. Meyer hat einen analogen Fall von einem Fuss (dessen Herkunft nicht angegeben ist, also doch wohl Europäerfuss) beschrieben. Die wesentliche, functionelle Übereinstimmung dieser Fälle mit dem Gelenk beim Orang besteht darin, dass die einzig mögliche Bewegung schon

durch die Gestalt der knöchernen Gelenkflächen rein osteologisch erklärt ist; dies trifft für die meisten Fälle beim Menschen nicht zu, da die für den Würfelbeinzapfen am Fersenbein bestimmte Vertiefung nicht eine Pfanne bildet, sondern nach unten und medianwärts in eine sattelförmige Rinne ausläuft. Bei Betrachtung der isolierten Knochen kann man daher dem Gelenk nicht ansehen, welche der drei möglichen Bewegungsformen sich in ihm vollzieht: die Gleitbewegung, die Drehbewegung oder die Schraubenbewegung.

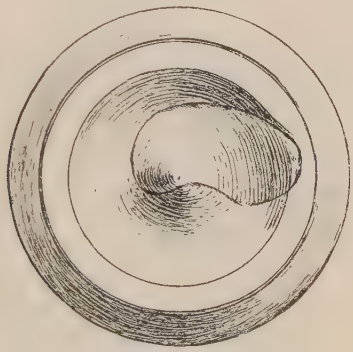

Fig. 4.

Die hintere Würfelbeinfläche von Orang, ergänzt. Der äussere Ring entspricht der zur Bildebene nahezu senkrecht stehenden Seitenfläche des Modells, ist also gleichgültig.

Dass es sich nur um eine Drehbewegung handeln kann, beweisen mit Sicherheit folgende Ergebnisse der angewendeten Untersuchungsmethoden:

1. Es lässt sich eine Achse für das Gelenk finden.
2. Die Gangspuren sind concentrische Kreise um die Achse.
3. Der Vergleich der Gefrierskelette von Füssen, die in gewöhnlicher und in supinierter Stellung aufgestellt sind, zeigt, dass der Zapfen, durch den meist die Achse verläuft, sich kaum von seiner Stelle gerührt hat, während sich die dorsalen Teile des Würfelbeins um diese herum gedreht haben.

Henke, dessen Ansicht am meisten verbreitet ist, lehrte, dass eine Gleitbewegung stattfinden sollte, und zwar auf Grund folgender Überlegung:

Die vordere Fersenbeinfläche ist sattelförmig, d. h. in einer Richtung convex, in der anderen concav. Der Sprungbeinkopf in beiden convex; der Vorderfuss sollte daher nur in der beiden Flächen gemeinsamen

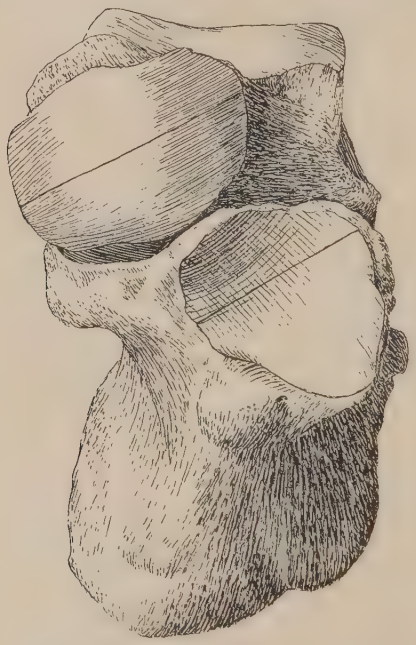

Fig. 5.

Talus und Calcaneus von vorn, nach dem Gefrierskelett in Stücken, aus der Sammlung der Kgl. Hochschule f. d. bild. Künste. Die ausgezogenen parallelen Linien bezeichnen die beiden Knochen gemeinsame Convexität; das vordere Ende des Präparates ist etwas gehoben, um die beiden Linien als gerade zu sehen.

convexen Richtung vergleiten können, wie in Fig. 5 die ausgezogenen Linien zeigen. Diese sind nun weder parallel, wie die Betrachtung der Knochen von oben her zeigt, sondern scheinen nur so bei der Ansicht von vorn, wo sie in Verkürzung gesehen

werden. Aber auch das geht verloren bei Supination (s. Fig. 6), da ja das Fersenbein und mit ihm auch die auf seiner Vorderfläche construierte Linie, gegen das ruhende Sprungbein seine Stellung ändert (vergl. die von Faraboeuf entlehnte Fig. bei Poirier). Schon diese einfache Überlegung zeigt die Unhaltbarkeit der Henkeschen Ansicht. Den directesten und daher schlagendsten Beweis hierfür enthalten die Fig. 6 und Fig. 7, die die von Henke theoretisch deducierten Ganglinien mit der Richtung der thatsächlichen zu vergleichen gestatten.

Fig. 6.

Talus und Calcaneus bei Supinationsstellung des Fusses; nach einem Gefrierskelett. Orientierung: Talus möglichst wie in Fig. 5; die Linien entsprechen denen derselben Figur; sie sind, der Supinationsstellung entsprechend, nicht mehr parallel.

Der Zapfen des Würfelbeins und mit ihm die Rinne am Fersenbein ist sehr verschieden ausgebildet; er kann ganz fehlen; dann drehen sich beide Knochen mit nahezu planen Gelenkflächen wie Mühlsteine gegen einander (die Achse liegt an der medialen unteren Ecke, senk-

recht zu den Flächen), er kann aber auch so lang sein, dass er mit dem Sprungbein in eine Gelenkverbindung tritt. (Nach Pfitzner bisher 15 Fälle, dazu ein eigener Fall). Gewissermassen den Gegensatz hierzu bildet ein Gelenk zwischen Kahn- und Fersenbein (10 Fälle nach Pfitzner, 1 eigener Fall, der oben erwähnte Aino). Zwischen diesen Extremen kommen alle Übergänge vor.

Fig. 7.

Talus und Calcaneus, frisches Präparat, durch ihre Bänder zusammengehalten; die erhaltenen Gelenkknorpelflächen zeigen die Richtungen der Ganglinien, die nach der Eisenfeilmethode eingeritzt waren.

Sind bei fehlendem Zapfen die Gelenkflächen nahezu plan, so lässt sich auf ihnen keine der Krümmung des Sprungbeinkopfes entsprechende convexe Linie auf der vorderen Fläche des Fersenbeins erzielen. Diese Fälle widersprechen dem von Henke angenommenen Vorgang, während bisher keine Beobachtung gemacht wurde, die

sich nicht mit der Drehbewegung um die angegebene Achse verträgt. Es gewährt daher Befriedigung, alle die häufigen individuellen Verschiedenheiten vom Standpunkt der beschriebenen Bewegungsachse aufs einfachste analysieren zu können.

a b

Fig. 8.

Calcaneus und Cuboides vom Orang, dorsale Ansicht; a aufeinanderschliessend, in einer Lage, die der Supinationsstellung beim Menschen entspricht. b klaffend, bei Pronation. Am Präparat gestattet nur die laterale Hälfte des Gelenkspaltes einen freien Durchblick; an der medialen Hälfte verhindert dies der plantar gelegene Zapfen des Würfelbeins.

Die Grenzen der dehiscierenden und in Contact bleibenden Gelenkabschnitte sind an dem vorliegenden Gelenk schwer darzustellen, da sie unmerklich in einander übergehen und ausserdem grosse individuelle Verschiedenheiten vorkommen. Es sei deshalb auf das Beispiel vom Orang verwiesen (Fig. 8 a u. b), nur beachte man, dass hier die Dehiscenz bei Pronation, beim Menschen bei Supination eintritt. Bei letzterem kommen ausserdem die dorsalen Teile der Rinne und der gegen-

überliegende Abschnitt des Würfelbeinzapfens zum Klaffen.

Will man also verstehen, warum denn die Bewegung um eine feststehende Achse sich vollzieht, so genügt die Betrachtung der isolierten Knochen allein nicht, man muss vielmehr die Betrachtung der Bänder hinzunehmen. Es kommen hier in Betracht das Lig. bipartitum und das Lig. calcaneo-cuboideum plantare, und über das letztere sind noch einige Worte zu sagen: Die längsten (plantaren) Fasern, Lig. calc. cub. longum, verlaufen sagittal, die kürzesten (dorsalen) frontal, die übrigen Fasern bilden einen zusammenhängenden Übergang. Sie überkreuzen sich also im Raum, wie die Stiele eines Fächers. Die queren Fasern bekommt man zu Gesicht, wenn man das Gelenk von oben eröffnet. Sie stellen ein kräftiges Band dar, welches vollkommen Anspruch auf einen besondern Namen hat: Lig. calcaneo-cuboid. plant. transv., der schon in der Litteratur vorkommt; es begrenzt die Gelenkspalte nach unten und verläuft von der unteren Fläche des Fersenbeinhalses medianwärts, um sich am Zapfen des Würfelbeins anzusetzen. Es bedingt den plantaren Ausschnitt der Fersenbeingelenkfläche, der sehr constant ist. Das Querband zieht zwischen den Längsfasern und dem Fersenbeinhals hindurch und liegt dabei in der Rinne vor dem plantaren Fersenbeinhöcker, der dem Lig. calcaneo-cuboideum zum Ursprung dient. (Diese Rinne wurde einige Male scharf ausgesprochen und völlig überknorpelt gefunden.) Dies Verhalten erklärt den stets charakteristisch ausgebildeten plantaren Höcker am Fersenbeinhals. Dieses Band verhindert es, dass das Würfelbein nicht entlang der Fersenbeinrinne gleiten kann, wie es die Henkesche Lehre fordert. Die objective Bestätigung giebt das Gefrierskelett eines gewaltsam supinierten Fusses, bei dem der Würfelbeinzapfen sich kaum von der Stelle gerührt hat, trotz der Grösse der einwirkenden Gewalt, die sich darin zu erkennen giebt, dass er fest gegen das Würfelbein gepresst ist, während auf der dorsalen Seite, wo die Bänder ja ziemlich schwach sind, die Gelenkflächen ihre Berührung ganz aufgegeben haben. Der Vorgang des Klaffens an dieser Stelle gehört nicht zu den normalen Erscheinungen; er hat aber die grösste Bedeutung für

das Verständnis pathologischer Fussformen, z. B. des Klumpfusses und des verunstalteten Chinesinnenfusses*), bei denen die dauernd ausser Berührung befindlichen Knochenteile atrophisch werden.

Endstellung.

Die Gebrüder Weber halten die gewöhnliche Fusslage für eine Endlage; dies ist nur annähernd richtig, wie die Betrachtung von Gefrierskeletten zeigt; an allen drei Bestandteilen des Fusswurzelgelenkes nämlich zeigt sich die Möglichkeit einer weiteren Pronation, die sich in den beiden Gelenken der Chopartschen Linie in einem Überstehen des Sprung- und Fersenbeins über den Vorderfuss auf der dorsalen Seite zu erkennen giebt, während sie sich am Talo-calcaneal-Gelenk in einer geringen Dehiscenz der statischen Abschnitte äussert. An dem durch Belastung pronierten Fusse (Gefrierskelett aus der Sammlung der königl. Hochschule für die bildenden Künste) sind die Gelenkflächen der drei Einzelgelenke vollkommen zur Deckung gekommen.

Hemmung.

Die Supinationsbewegung wird durch Anspannung von Bändern in allen drei Einzelgelenken gehemmt, nur zwischen Sustentaculum und hinterem Talusfortsatz ist eine Knochenhemmung, wenn auch nicht die Regel, so doch möglich.

Bei Pronation wird die Bewegung im Talo-navicular-Gelenk nur durch Bänderwirkung gehemmt, im Gegensatz zu beiden anderen Einzelgelenken. Im Gelenk zwischen Fersenbein und Würfelbein drängen die statischen Teile gegeneinander, die in Gemeinschaft mit den Bändern die Weiterbewegung aufhalten.

Man stelle sich entgegen unserer bisherigen Betrachtungsweise vor, dass das Sprungbein auf dem in Ruhe bleibenden Calcaneus, der in Fig. 2 dargestellt

---

*) H. Virchow: Über das Skelett eines künstlich verunstalteten Chinesinnenfusses. Vortrag, gehalten am 23. 12. 02 in der Berliner anthropologischen Gesellschaft.

ist, aus der Supinationsstellung in die Pronationsstellung gleite. Er wird dabei eine Drehbewegung nach Massgabe der ergänzten Gelenkfläche ausführen, bis er die Endstellung erreicht hat. Bei einer Weiterbewegung stemmen sich die statischen Teile gegeneinander, und es würde unter Abweichung von Rotationsbewegung das Sprungbein auf diese, schräg gegen die Drehkörperfläche sich erhebenden Teile hinaufgeschraubt werden, wenn der starke Apparatus ligamentosus des Sinus tarsi dies nicht verhindern und die Weiterbewegung dadurch hemmen würde. Garnicht selten findet auch eine ausgesprochene Knochenhemmung statt. Dann sind die Teile des Proc. lat. tali, die dem Sinus tarsi zugewendet sind, überknorpelt und stossen bei Pronation gegen den Fersenbeinhals.

Herrn Professor Dr. H. Virchow danke ich für die unermüdliche anregende Unterweisung, durch die er mein Interesse an den Fragen der Gelenkanatomie und Physiologie weckte und mich mit der exakten Methodik dieses Forschungszweiges vertraut machte; ganz besonders aber für die freundliche persönliche Anteilnahme, die er jederzeit der vorliegenden Arbeit und meiner sonstigen anatomischen Ausbildung entgegenbrachte.

Die Zeichnungen für die Arbeit sind von Frl. v. Grumbkow angefertigt worden.

Thesen.

I.

Die Henke'sche Theorie der Fussmechanik ist zu verwerfen.

II.

Das Gefrierskelettverfahren liefert zuverlässige Resultate nur in der Hand eines gewissenhaften Arbeiters.

III.

Die Wirkung des Alkohols bei der Händedesinfection beruht nicht auf seiner keimvernichtenden Kraft.

Lebenslauf.

Der Verfasser, Alfred Dönitz, evangelisch, geboren zu Tokyo am 25. Juni 1878, Sohn des Geh. Med.-Rats Prof. Dr. Dönitz, besuchte von Michaelis 1887 bis Michaelis 1896 das Königl. Luisen-Gymnasium zu Berlin. Von Michaelis 1896 bis Ostern 1901 war er bei der medizinischen Fakultät der Königl. Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin eingeschrieben, wo er auch die ärztliche Vorprüfung und das Staatsexamen bestand.

Er besuchte die Vorlesungen und Kurse folgender Herren:

v. Bergmann, Engelmann, Engler, Fischer, Gebhard, Gerhardt (†), Hertwig, Jolly, Fr. König, Friedr. Aug. König, Koblanck, Lexer, Langgaard, Liebreich, Michaelis, v. Michel, Olshausen, Rubner, F. E. Schulze, H. Virchow, R. Virchow (†), Waldeyer, Warburg, Zinn.

Allen diesen seinen hochverehrten Lehrern spricht der Verfasser seinen ehrerbietigsten Dank aus, besonders Herrn Geh.-Rat Waldeyer, der es ihm gestattete, sich als Demonstrator an den Übungen auf dem Präpariersaal zu beteiligen.